

УДК 622.063.23

А.В. Ковалев, Д.А. Юнгмейстер

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГЛАВНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНО-КАЛОРИФЕРНЫХ УСТАНОВОК РУДНИКОВ СЕВЕРА

Рассмотрена методика определения рационального режима работы вентилятора и калориферной установки для обеспечения заданной температуры и влажности исходящего воздушного потока, исключающего обмерзание подводящих выработок. Определены величины повышения температуры воздуха и его давления при проходе через вентилятор.

Ключевые слова: вентилятор, калориферная установка, подводящие выработки, подземный рудник.

Семинар 22

При определении оптимальных режимов работы вентиляторов главного проветривания (ВГП) принято руководствоваться нахождением рабочей точки системы вентилятор-шахтная вентиляционная сеть без учета других энергетических затрат главных вентиляторно-калориферных установок.

Значительная часть горнодобывающих предприятий Севера проветривается нагнетательным способом, при котором вентиляторная и калориферная установки составляют единый комплекс.

Оптимизацию режима работы ГВКУ рационально осуществлять исходя из понятия общего к.п.д. системы ВГП-калориферная установка-сеть как отношение энергии, подаваемой в подземный рудник с воздухом, к энергии, получаемой ГВКУ от внешних источников питания (на зажимах ячеек, питающих ГВКУ).

$$\eta_{oc} = \frac{E_p}{E_{oc}}.$$

Энергия, подаваемая в подземный рудник с воздухом, состоит из энергии, затрачиваемой на преодоление

сопротивления шахтной сети, на создание скоростного напора и на подогрев воздуха до температуры, обеспечивающей безопасность производства работ.

Мощность, затрачиваемая на подогрев воздуха главной вентиляторно-калориферной установкой

$$N_{\pi} = N_k + N_B + N_{vy},$$

где N_k – мощность подогрева воздуха калориферным агрегатом, кВт, N_B – мощность подогрева воздуха вентилятором, кВт, N_{vy} – мощность, потребляемая вспомогательными электроустановками ГВКУ, кВт.

Мощность подогрева воздуха вентилятором определяется мощностью на валу вентилятора

$$N_B = \frac{Q_B H_B}{\eta_B}.$$

Температура воздуха, подогреваемого вентилятором, определяется по известной формуле

$$\Delta t_B = \frac{N_B}{c_p G},$$

где N_B – мощность на валу вентилятора, кВт, c_p – теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/кг $^{\circ}$ С, G – массовый расход вентилятора, кг.

Потребная мощность калорифера

$$N_K = N_{\Pi} - N_B - N_{ВУ}.$$

Общее количество необходимой для подогрева рудничного воздуха энергии определяется как разность энтальпий подогретого и атмосферного воздуха [6].

$$Q = (J_p - J_{атм})G,$$

где G – масса проходящего через выработку сухой части воздуха, кг/с.

Удельная энтальпия подогретого воздуха

$$J = c_{св}t_p + 0,622 \frac{fE_p}{P_{бар} - fE_p} (r_0 + c_{вл}t_p).$$

Удельная энтальпия атмосферного воздуха при $t < 0^{\circ}$ для ледяного тумана

$$J_{атм} = c_{св}t_{атм} + 0,622 \frac{f_{атм}E_{атм}}{P_{атм} - f_{атм}E_{атм}} \times \\ \times (r_0 + c_{вл}t_{атм} - c_{л}t_{атм} + r_{пл0}) + \\ + \frac{d_p}{1000} (c_{л}t_{атм} - r_{пл0}).$$

В диапазоне температур – 50 $^{\circ}$ С ... + 15 $^{\circ}$ С графики энтальпий практически параллельны, поэтому для упрощения расчетов рационально принимать разность энтальпий подогретого и атмосферного воздуха при абсолютно сухом воздухе ($d = 0$ г/кг).

Таким образом, мощность, необходимая для подогрева воздуха, рассчитывается по следующей формуле

$$N_{\Pi} = (J_p - J_{атм})G,$$

где N_{Π} – необходимая мощность для подогрева атмосферного воздуха,

кВт, $J_p, J_{атм}$ – энтальпии соответственно подогретого и расчетного атмосферного воздуха при абсолютно сухом воздухе.

Энтальпия абсолютно сухого воздуха

$$J = c_{св}t,$$

где $c_{св}$ – теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/кг, t – температура воздуха.

Масса проходящего через вентилятор сухого воздуха

$$G = Q\rho,$$

где Q – расчетная производительность вентиляторно-калориферной установки, м 3 /с, ρ – плотность воздуха при температуре подогретого воздуха, кг/м 3 (1,2 кг/м 3).

Расчет калориферной установки следует производить по массовому расходу вентилятора, по теплосодержанию атмосферного воздуха в данном регионе в зимний период и теплосодержанию подаваемого в подземные выработки подогретого воздуха, которое должно обеспечивать отсутствие льдообразования в подземных горных выработках.

Правилами безопасности ограничена нижняя граница температуры подаваемого в подземный рудник воздуха +2 $^{\circ}$ С.

Практика эксплуатации ГВКУ при данной температуре показала, что даже при температуре +4 $^{\circ}$ С при определенных условиях происходит обледенение горных выработок (рис. 1).

В работе предлагается регулировать температуру подогретого воздуха в соответствии с формулой



Рис. 1. Общий вид воздухоподающей выработки при ее обледенении, температура +4 °С

$$T = -afE + b,$$

где T – динамическая уставка температуры воздуха, °С, $E = 6,107 \times e^{\frac{17,504t}{241,232+t}}$ – давление насыщенного водяного пара, Па, f – относительная влажность, в долях единицы, a и b – регулировочные коэффициенты соответственно наклона и сдвига линии уставки температуры.

Однако данная формула не учитывает изменений атмосферного давления, которые достигают 6,5–6,9 % (для условий Расвумчоррского рудника ОАО «АПАТИТ»).

Произведем расчет оптимальной температуры воздуха в нагнетающем канале ГВКУ с учетом создаваемого вентилятором давления.

Для предотвращения обмерзания подземной выработки достаточно поддерживать удельную энтальпию рудничного воздуха не ниже энтальпии влажного термометра $J' = 0$ кДж/кг.

Отсюда уравнение теплового баланса влажного воздуха записывается в виде

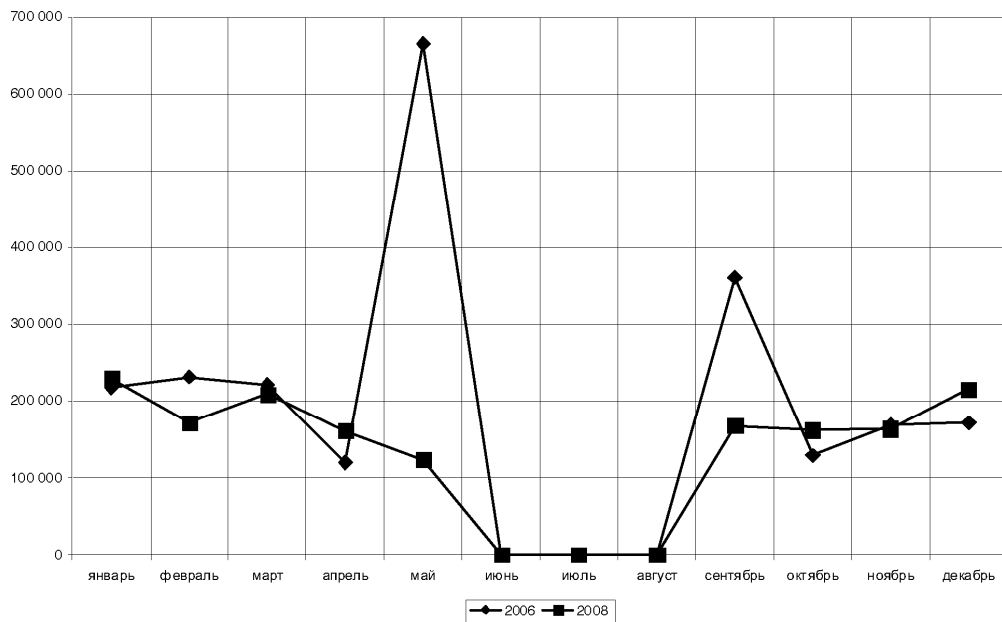
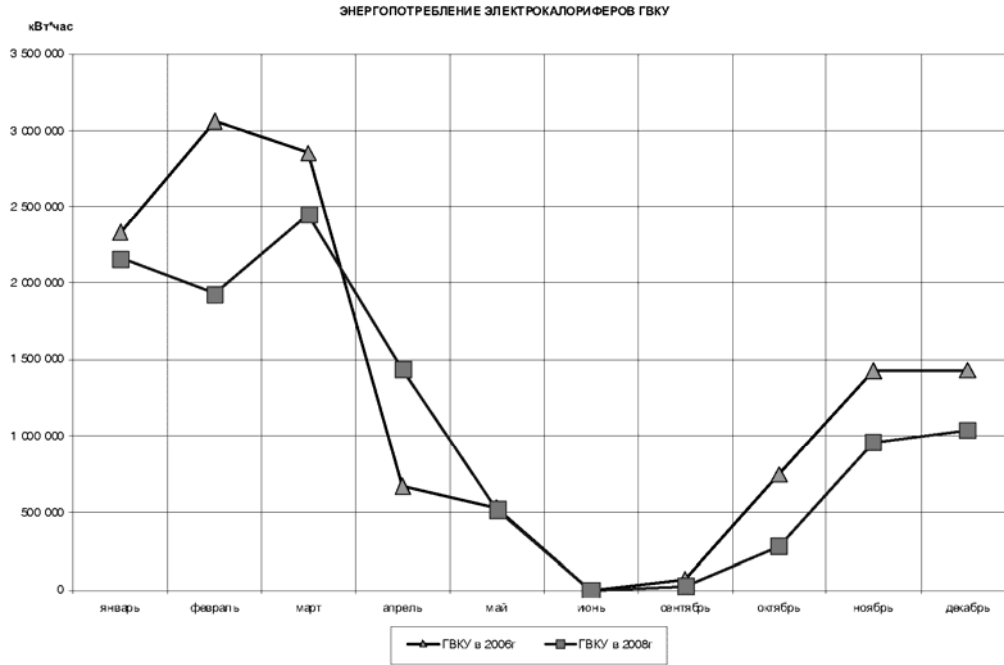
$$J = J',$$

где J – энтальпия подогретого воздуха при температуре сухого термометра.

После преобразования получим следующую зависимость температуры подогретого воздуха от влагосодержания рудничного воздуха

$$t = -2,5d + J'.$$

Принимая во внимание, что следующей формуле $P_{bar} - e \approx P_{bar}$, а $e = fE$, приходим к



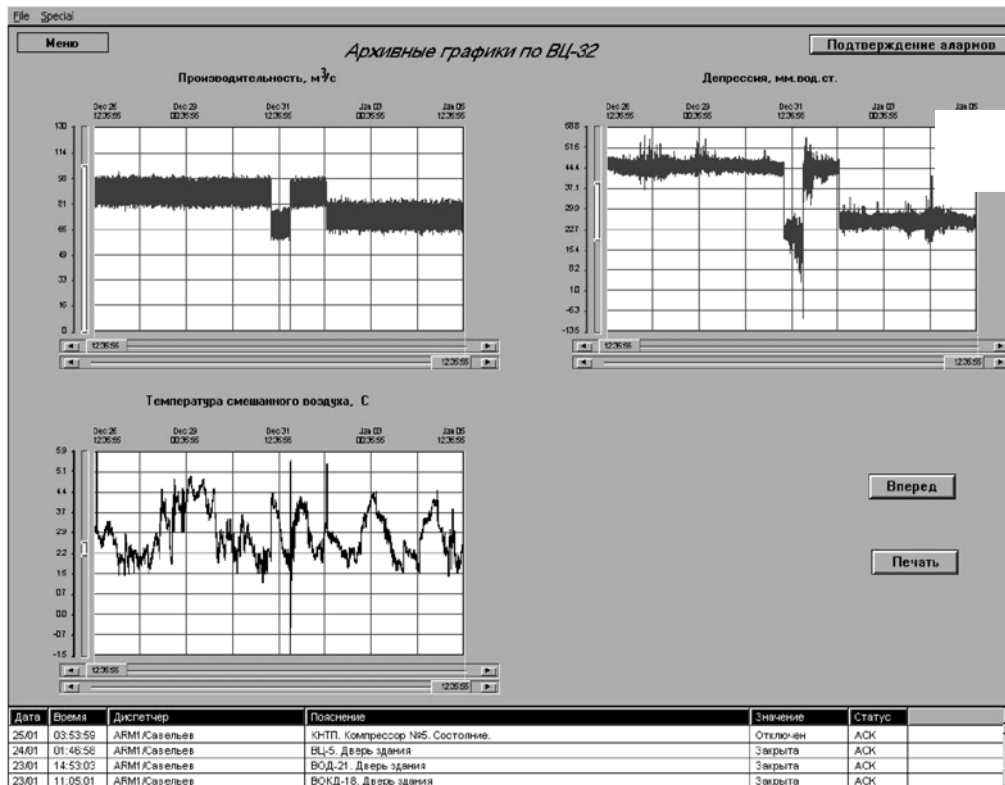


Рис. 3. Уменьшение производительности ГВКУ ВЦ-32 Расвумчоррского рудника ОАО «АПАТИТ» на праздничные дни в январе 2009 г.

Рис. 2. а – сравнительные графики нагрузок за 2006 и 2008 годы; б – сравнительные графики относительных нагрузок за 2006 и 2008 гг.

$$t = -1555 \frac{fE}{P_{bar}} + J'.$$

Но удельная энтальпия в нагнетающем канале ГВКУ при температуре влажного термометра

$$J' = c_{cb} t' + \frac{d'}{1000} (r_0 + c_{вп} t'),$$

где t' – температура влажного термометра в нагнетающем канале ГВКУ, °С, d' – влагосодержание воздуха в нагнетающем канале ГВКУ при температуре влажного термометра, г/кг.

Задаваясь температурой влажного термометра для гарантированного необмерзания поверхности горных выработок, равной 0°С, получаем следующую зависимость

$$J' = 2,5 * 622 \frac{E'}{P_{bar}},$$

E' – парциальное давление насыщенных водяных паров в нагнетающем канале ГВКУ, гПа.

При 0°С $E' = 6,107 \text{ Па}$ и, значит, с достаточной точностью

$$t = -1555 \frac{fE - 6,1}{P_{bar}}$$

Представим полученную формулу в виде, позволяющем создать простой алгоритм управления температурой подогретого воздуха с возможностью подстройки под конкретные датчики температуры, влажности и давления с учетом их индивидуальной погрешности показаний.

$$t = m \frac{n - fE}{P_{bar}},$$

где m и n – регулировочные коэффициенты.

Так как статическое давление, создаваемое вентиляторами ГВКУ, составляет от 0,5 % у ВОКД-1,8, ВЦ-32 и ВЦ-5 (35–50 мм. вод. ст.) до 1 % (80–85 мм. вод. ст.) у ВОД-21 от атмосферного давления, рационально производить расчет температуры подогреваемого воздуха исходя из барометрического давления атмосферы,

а небольшое превышение уставки температуры над расчетным компенсировать изменением регулировочных коэффициентов.

Созданная в соответствии с вышеизложенными принципами аппаратура была установлена на трех ГВКУ Расвумчоррского рудника ОАО «АПАТИТ». За год эксплуатации было достигнуто значительное снижение энергопотребления (рис. 2) и сэкономлено 1843000 кВт*ч на сумму 1426000 руб.

Повышение энергетической эффективности ГВКУ рудников Севера, не опасных по газу и пыли, в настоящее время наиболее перспективно путем поддержания минимальной обоснованной температуры подогретого воздуха, а также работой ГВКУ в области уменьшения производительности вентилятора в выходные дни, в ремонтные смены и межсменные перерывы (рис. 3). **ГАС**

Коротко об авторах

Ковалев А.В. – зам. главного механика Расвумчоррского рудника ОАО «АПАТИТ»,
tageyushkina@apatit.com

Юнгмейстер Д.А. – доктор технических наук, профессор кафедры Конструирования горных машин и технологии машиностроения Санкт-Петербургского государственного горного института им. Плеханова (ГУ), dmit_jung@hotmail.ru



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА ИМ. Д.А. КУНАЕВА			

БАГАШАРОВА Женисгул Телмановна	Оптимизация расхода кислоты при подземном скважинном выщелачи- вании урана	25.00.22	к.т.н.
--------------------------------------	--	----------	--------